

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology (東京海洋大学)

# 新型高効率ガスヒートポンプ空調機 (XAIR II) の暖房性

|     |   |
|-----|---|
| 著者  | 西岡 莉揮人, 亀谷 茂樹   |
| 雑誌名 | 日本冷凍空調学会年次大会講演論文集   |
| 巻   | 2017  |
| 発行年 | 2017-09-26  |
| URL | <a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00001576/">http://id.nii.ac.jp/1342/00001576/</a> |

## A101 新型高効率ガスヒートポンプ空調機 (XAIR II) の暖房性能

### Heating performance evaluation of the newest high efficiency GHP(XAIR II) air conditioner

◎西岡 莉揮人\* (東京海洋大学) 亀谷 茂樹\*\* (東京海洋大学)

◎Rikito NISHIOKA\*and Shigeki KAMETANI\*\*

\* Graduate school of Marine System Engineering, Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato-ku, Tokyo, 108-8477, Japan

\*\*Faculty of Marine Science Department of Ocean Sciences Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato-ku, Tokyo, 108-8477, Japan

In 2015, Japan Industrial Standard for gas engine heat pump (JIS B8627) was revised. To this JIS revision, high efficiency GHP (Gas engine Heat Pump, product name: XAIR II) was developed and sold. In this research, we measured the newest GHP machine and compared the performance with the conventional machine. Furthermore, energy saving performance in the energy saving operation mode was quantified.

Keywords: Gas Heat Pump air conditioner (GHP), Performance Evaluation, Heating mode

#### はじめに

近年、ガスエンジンヒートポンプ空調機（以下、GHP 空調機）は、燃焼機械本来の暖房性能の高さに加えて、冷房性能に関しても EHP 空調機を凌駕する性能を発揮し、特に電力供給が逼迫した東日本大震災以降、その出荷台数を伸ばしている[1]。

一方、2015 年に定格冷房標準能力 85kW 以下の GHP 空調機に関する日本工業規格（JIS B8627）が改訂され、このタイミングに合わせて最新型の高効率 GHP 機（商品名：XAIR II、以下 XAIR II）が開発・販売された。この JIS 改訂では、性能評価試験法が従来の 2 点計測から低負荷計測点を追加する 3 点計測に変更されたことに伴い、期間性能を表す APF 値は従来機である XAIR 機と比較して低下した。

そこで、本研究では実建物に装備される XAIR II 機に対して、コンプレッサーカーブ法（以下、CC 法）による通年計測を行い、同空調機の冷・暖房時における基本運転特性などを計測し、その空調性能や省エネルギー性を検証した。また、従来機（XAIR 機）の実測データとの比較から、主としてエネルギー消費特性に関する比較を行い、さらに対象 XAIR II 機に搭載されている省エネルギー運転モードの省エネルギー性能を定量化した。

## 1. XAIR II 機の基本性能評価

### 1.1 実測対象機器・建物

実測対象建物は、Table1 に示す大阪市内に位置する 3 階建の事務所ビルであり、XAIR II 機系統の 3 階部のみを計測対象とした。実測対象機器である XAIR II 機（20 馬力、56kW）は、室外機 1 台に対し出力の異なる 3 種の室内機がそれぞれ 4 基（5.6kW）、6 基（7.1kW）、1 基（9.0kW）設置されている。室外機および室内機仕様を Table2 に示す。

Table 1. Detail of objective building

|                       |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| Location              | Osaka                            |
| Scale                 | 3 stories above ground           |
| Construction          | Reinforced concrete construction |
| Building use          | office                           |
| Air conditioning area | 333 m <sup>2</sup>               |

Table 2. Specification of XAIR II system

| Unit  | Outdoor unit                | Indoor unit             |                         |                                 |
|---|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|   |                             | Unit-1                  | Unit-2                  | Unit-3                          |
| Number of installations   | 1                           | 4                       | 6                       | 1                               |
| Used fuel gas (calorific value)                                 | LNG(45 MJ/Nm <sup>3</sup> ) |                         |                         |                                 |
| Refrigerant   | R410A                       |                         |                         |                                 |
| Capacity (Cooling/Heating) (transferred to delivered power), kW | 56.0/63.0                   | 5.6/6.3                 | 7.1/8.0                 | 9.0/10.0                        |
| Description   |                             | 4-way ceiling suspended | 4-way ceiling suspended | Concealed ceiling unit - ducted |
| Electric power consumption (Cooling/Heating), kW                | 0.914/0.628                 | 0.052/0.038             | 0.066/0.053             | 0.184/0.172                     |
| Engine Capacity, kW   | 12.4                        |                         |                         |                                 |
| Rated gas input (Cooling/Heating),kW                            | 49.3/46.0                   |                         |                         |                                 |

## 1.2 実測項目および性能評価法

本実測は、Table3 に示すように 2016 年 7 月 20 日～2017 年 2 月 19 日まで実施し、そのうち暖房期間は 2016 年 11 月 5 日～2017 年 2 月 19 日であり、その間に省エネルギーモードでの性能評価も行った。

室外機制御基盤から送出されるシステム運転情報から、性能評価の算定に必要な運転パラメータを取得し、REFPROP 8.0[2]による冷媒物性値および Eq. (1)、Eq. (2) に示す CC 法の基本算定式を用いて空調機処理熱量を算定した。これは、単位時間あたりの冷媒循環量に、室内機出入口における冷媒の比エンタルピー差を乗じることで算出するものであり、圧縮機の体積効率には Sekine ら[3]の経験値を用いた。また、系統の室外・内機の消費電力量を個別の電力計で計測し、計測間隔はガス消費量を含め 10 秒間隔とした。本報告における性能評価に関する用語の定義は Table4 に示す通りである。

$$G_{in} = N V \rho \eta \quad (1)$$

$$Q = G_{in} \Delta h \quad (2)$$

Table 3. Measurement status

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Duration (Heating)      | November 5th, 2016～February 19th, 2017 |
| Operating Schedule      | 8 : 00～20 : 00                         |
| Energy saving operation | Every second day                       |

Table 4. Method of measuring / calculation

| Item                                 | Method of measuring/calculation  |
|--------------------------------------|--|
| Effective quantity of generated heat | <ul style="list-style-type: none"> <li>Get a data from the sensors which are mounted in a GHP</li> <li>Then, calculate Effective quantity of generated heat by using the data</li> </ul> |
| Gas consumption                      | Ultrasonic gas flow meter  |
| Electric power consumption           | Power logger   |
| Outdoor temperature                  | Sensors which are mounted in a GHP   |
| COPg                                 | Effective quantity of generated heat / Gas consumption   |
| COPp                                 | Effective quantity of generated heat / (Gas consumption+Electric Power Consumption (transferred to primary energy))  |

## 1.3 XAIR II の基本性能

Fig. 1 に、XAIR II 機の各負荷率（定格能力に対する有効発生熱量の比）における比 COPg 値および比 COPp 値を示す。ここで、比 COP 値とは CC 法で算出した COP 値を基準 COP 値（負荷率 1.0 の回帰 COPg 値）で除した相対的な数値である。

本実測中での運転範囲は負荷率 0.1～0.8 であり、分布の形状から両者ともに負荷率 0.4～0.5 の間に効率のピークがあることが分かる。COPp は室内・外機での消費電力も算入するため、COPg と比較して全体的に 10%程度の低下するが、全般的なエネルギー性能の傾向に大きな差異は認められない。

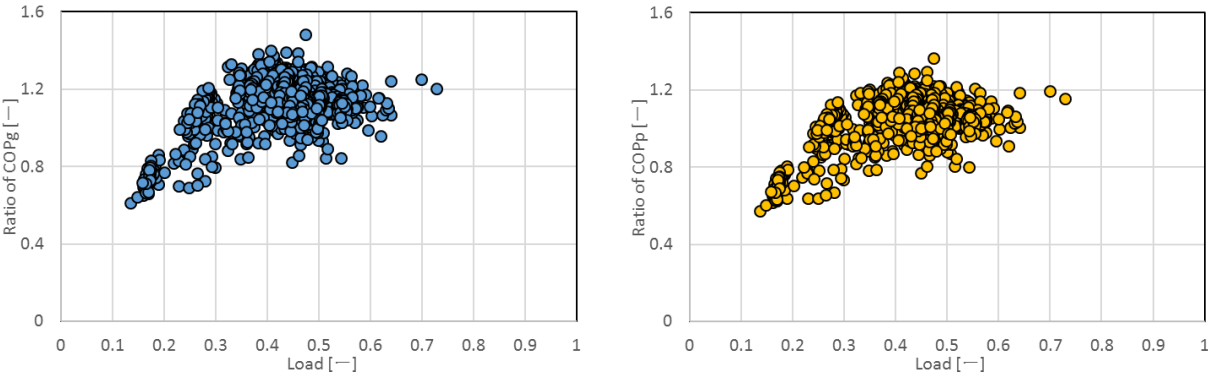


Fig.1. COP and Load ratio

2. 従来機（XAIR 機）との比較

Table5 に示す従来機種である XAIR 機との性能比較を行った。本比較では、比較対象の従来機と本供試機 XAIR II 機間で室外機定格能力および室内機接続台数などが異なるため、比較指標には室外機のみ比 COPp 値を用いた。なお、従来機の性能データは過去に筆者らが測定したものであり、性能評価手法などは XAIR II 機と同一である。

Table5. Specification of predecessors

|   | XAIR (conventional model)              |
|---|--|
| Location  | Osaka                                  |
| Duration (Heating)  | November 24th, 2013~January 24th, 2014 |
| Used fuel gas (calorific value) / Refrigerant                   | LNG(45 MJ/m <sup>3</sup> ) / R 410 A   |
| Capacity (Cooling/Heating) (transferred to delivered power), kW | 71.0/80.0                              |
| Rated gas input (Cooling/Heating),kW                            | 54.4/50.9                              |
| Electric power consumption (Cooling/ Heating), kW               | 0.48/0.24                              |
| Engine Capacity, kW   | 15.7                                   |
| Number of indoor units  | 6 (11.2 kW×6)                          |

Fig. 2 に、各外気温度域（3℃毎）における室外機のみ COPp 特性を示す。同図中の各プロットは、Fig. 1 と同様に COPp 値分布データにおいて負荷率 0.025 毎の区間平均を採用したものであり、実線は 2 次回帰曲線である。また、図中の棒グラフは負荷率 0.1±0.05 毎の範囲に入る運転頻度割合を示す。比 COPp 回帰曲線の比較では、すべての温度域で XAIR II 機の効率が上回っている。外気温度域 10～12℃において、回帰曲線が近接しているが、これは両者のエネルギー効率値の差が僅少となる低負荷域であることが原因と考えられる。

$$COP_{Ave} = \frac{1}{b-a} \int_a^b R_{cop}(L) dL \tag{3}$$

Fig. 2 の比 COPp 回帰式をベースに、負荷率の共通区間である平均 COPp 値を Eq (3) より算出した。Fig. 3 に、算出した従来機平均比 COPp 値を 100 %とした場合の、各温度域における平均 COPp 値の比較を示す。10～12℃を除く温度域で 30～40%程度の平均 COP 値の向上が認められ、全温度域平均では 26.8 %の増加である。

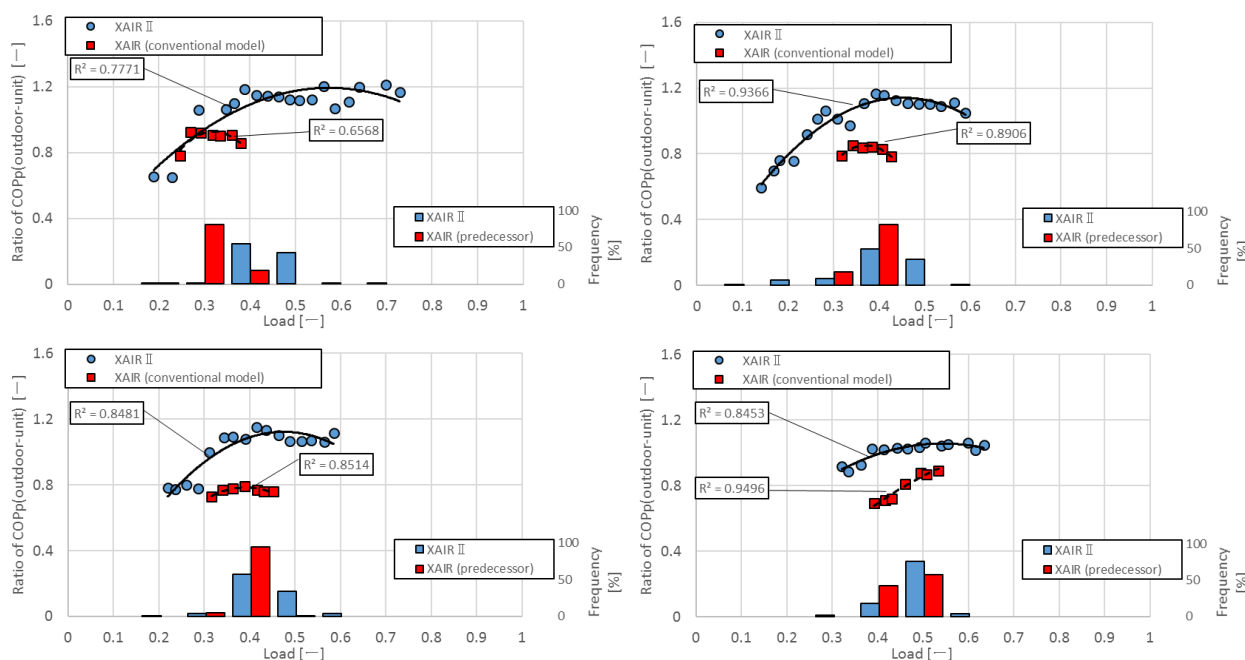


Fig.2. COPp (outdoor unit) comparison with conventional model  
(Upper left:10~12°C, Upper right:7~9°C, Lower left: 4~6°C, Lower right:1~3°C)

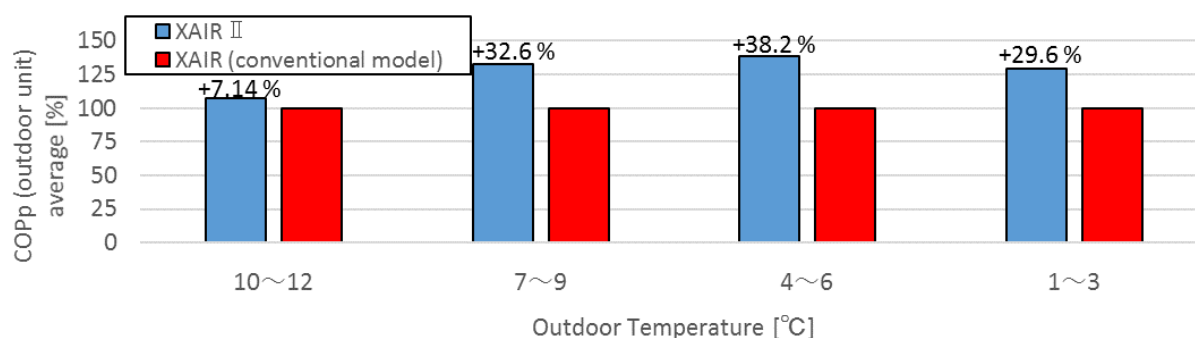


Fig.3. Average COPp

### 3. 省エネルギーモード時の運転性能

#### 3.1 省エネルギーモードの概要

ビル用個別分散空調機では吹出温度を維持するため、蒸発もしくは凝縮温度を一定に保つ制御が行われており、この運転域での COP 値は低下する傾向にある。本供試機の暖房時省エネルギーモードは、凝縮温度制御、最大能力制御およびエンジン回転数抑制制御が組み合わされて行われており、ユーザー自らが設定した温度閾値に連動してその抑制量を変化させることができる。

#### 3.2 通常運転と省エネルギーモード運転の比較

Fig. 4 に、省エネ運転モードおよび通常運転時の COPp 特性および各負荷率の発生頻度の比較を示す。省エネモード ON 時の解析における統計処理は 4 次回帰とした。これは、凝縮温度制御時に、低負荷ではサーモ ON/OFF が頻発し凝縮温度が安定せず、また、高負荷では暖房能力の余裕が小さく凝縮温度が上昇するために省エネルギー効果が確認できないことがあり [4]、2 次近似では省エネモードによる効果を表現しにくいからである。

すべての温度域、特に中負荷域において省エネ運転による COP 値が向上し、低負荷および高負荷域では、前述の事由により省エネルギー効果は認められない。また、外気温度が高いほど省エネモードによる効果は

顕著となる。省エネモード ON 時における負荷率の運転頻度割合は、全温度域において頻度のピーク位置が OFF 時と比較して 0.1 程度低下している。

Fig. 4 の結果を用いて、負荷率発生頻度を考慮した外気温度毎の一次エネルギー消費割合を定量化した。ここで、一次エネルギー消費割合とは、負荷率 10% 毎の発生頻度  $\times$  負荷率 / 回帰 COPp 値の積算値である。

Fig. 5 に、省エネルギー運転 OFF 時の結果を 100% とした場合の、各温度域における一次エネルギー消費割合の比較結果を示す。全温度域において、省エネモードの効果を確認でき、一次エネルギー削減率は全温度域平均で 19.8% である。

なお、本報告では紙面の関係で割愛したが、省エネ運転時の温冷感に関する被験者アンケート調査も同時に行った。その結果、ほぼ全ての被験者が省エネ運転の有無による温冷感の差を感じておらず、快適性に対するクレームは皆無であった。

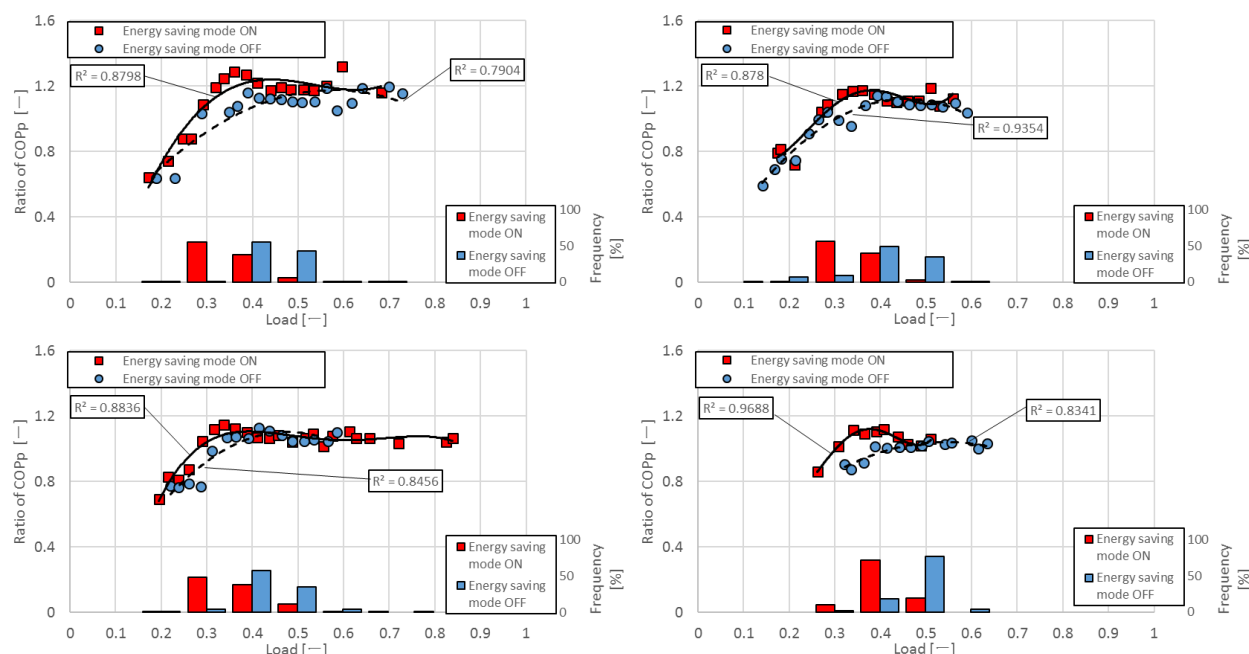


Fig.4. COPp comparison with energy saving mode  
(Upper left: 10~12°C, Upper right: 7~9°C, Lower left: 4~6°C, Lower right: 1~3°C)

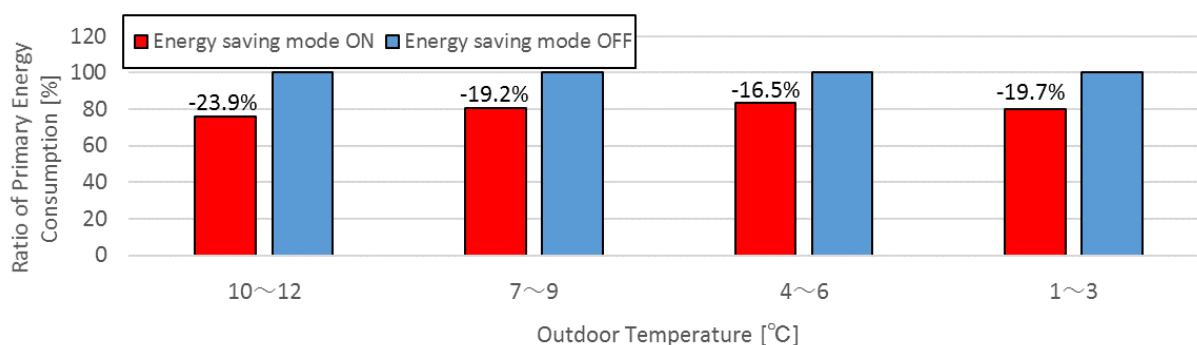


Fig.5. Ratio of primary energy reduction by energy saving mode

#### 4. まとめ

最新型の高効率 GHP 空調機 XAIR II の実運転時の性能評価を行い、暖房時における基本性能、従来機との比較、省エネルギー運転時における性能評価を行った。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 2015 年の JIS 改訂による性能試験法の相違により、カタログ上の XAIR II 機の APF 値は低下しているが、暖房時における、基本性能は、全温度域で向上している。
- 2) 暖房時における従来機 (XAIR 機) との比較では、全温度域平均で COP<sub>p</sub> 値は 26.8% の向上が認められる。
- 3) 暖房時の省エネモードにおける比較では、全温度域平均で 19.8% の一次エネルギーの削減が認めらる。
- 4) 省エネモードにおいても温冷感に対する変化を感じるユーザーは、ほぼ皆無である。

なお、筆者らは XAIR II 機の冷房時性能比較も行っており、これは[6]を参照されたい。

#### NOMENCLATURE

|             |  |
|-------------|--|
| $c_p$       | : specific heat at constant pressure, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
| $G_{in}$    | : refrigerant mass flow, $\text{kg/s}$   |
| $N$         | : revolutions of compressor, rps   |
| $V$         | : displacement of compressor, $\text{m}^3/\text{rev}$                                      |
| $\rho$      | : suction refrigerant density, $\text{kg/m}^3$   |
| $\eta$      | : volumetric efficiency  |
| $Q$         | heating capacity, $\text{kW}$  |
| $\Delta h$  | variation of specific enthalpy, $\text{kJ/kg}$   |
| $COP_g$     | coefficient of performance at gas consumption  |
| $COP_p$     | coefficient of performance at primary energy   |
| $COP_{ave}$ | average value of coefficient of performance  |
| $a$         | minimum value of domain of definition  |
| $b$         | maximum value of domain of definition  |
| $R_{cop}$   | regression equation of COP   |
| $L$         | air conditioning load  |

#### REFERENCES

- [1] The Japan Refrigeration and Air conditioning Industry Association, available from [http://jraia.or.jp/product/g\\_heatpump/index.html](http://jraia.or.jp/product/g_heatpump/index.html), (accessed on Apr. 8, 2017)
- [2] REFPRP 8.0, National Institute of Standards and Technology (2007)
- [3] N. SEKINE and S. KAMETANI, "Performance Evaluation Method of Unitary Air Conditioning System using Volumetric Efficiency of Compressor", SHASEJ, 1351 (2011). (in Japanese)
- [4] Y. KUMATA, S. SHIOCHI, Y. NAKAGAWA, O. KOGA and K. ICHITANI, "Study on the Energy-Saving Performance by the Evaporation or Condensation Temperature Control of Multi-Split Type Air-conditioning System", Proceeding s SHASE 2012. Sapporo Japan. 2012-09-05/07, pp. 2749-2752. (in Japanese)
- [5] K. SATO, S. HASHIMOTO and Y. SAKAMOTO, "BEHAVIOR OF MULTIPLE PACKAGED UNIT SYSTEM IN CASE OF AIR-CONDITIONING A LARGE FLOOR SPACE WITH MULTIPLE INDOOR UNITS AND ITS EVALUATION METHOD -A study on the proper design and operation of multiple packaged unit system Part 1-", J. Environ. Eng., AIJ, No.618, pp.85-92, 2007-08.
- [6] R.NISHIOKA and S.KAMETANI, "Performance evaluation of the newest high efficiency GHP (XAIR II) air conditioner", Proceeding s SHASEJ 2017. Kochi Japan. 2017-09-13/15(in Japanese)